

CONCENTRATIONS, FLUCTUATIONS SAISONNIERES ET FLUX DE CARBONE DANS LE BASSIN DU CONGO

P. SEYLER, H. ETCHEBER, D. ORANGE, A. LARAQUE,
L. SIGHA-NKAMDJOU & J.C. OLIVRY

RESUME :

La dynamique du carbone et ses flux sont les problématiques centrales de plusieurs grands programmes internationaux (Carbon-Scope, Camrex...). Pourtant peu d'études ont jusqu'à présent pris en compte les variations naturelles des concentrations sur un bassin de l'importance du Congo. Les résultats obtenus dans ce travail ont permis de calculer avec une précision raisonnable les flux de carbone organique dissous (COD) et particulaire (COP) exportés pour l'année 1992 par deux bassins versants au couvert végétal différent, l'Oubangui (zone de savane) et la Ngoko (zone de forêt). Sur le premier, la concentration annuelle moyenne est de 1,40 mg.l⁻¹ pour le COP et de 3,30 mg.l⁻¹ pour le COD. Ces valeurs correspondent à des flux respectifs de 0,18 et 0,42 10⁶ T.an⁻¹. Pour le bassin versant forestier, les moyennes sont respectivement de 1,85 mg.l⁻¹ pour le COD et de 9,87 mg.l⁻¹ pour le COP avec des flux évalués à 0,05 et 0,24 10⁶ T.an⁻¹. Exprimé par unité de surface, le flux de carbone total en zone forestière est 3 à 4 fois supérieur à celui de la zone de savane. L'origine du carbone est discutée en fonction des variations saisonnières des concentrations et de celles des matières en suspensions et des débits. Des données complémentaires s'avèrent toutefois nécessaires pour quantifier l'importance relative des fractions autochtones et allochtones. Enfin, en prenant en compte les concentrations mesurées ponctuellement sur les principaux affluents du Congo, un budget global de l'ordre de 13 10⁶ T.an⁻¹ de carbone organique est proposé pour l'ensemble du bassin congolais, les apports en phase dissoute en représentant près de 90%.

INTRODUCTION:

Les bilans de transfert des continents vers les océans montrent que le flux de carbone organique représente un peu plus de la moitié du flux total de carbone transporté par les fleuves (Meybeck, 1993). La plus grande partie (66%, Stein, 1981) de ce carbone organique est issu des fleuves de la ceinture intertropicale. L'importance des apports fluviaux aux océans (Degens, 1982, Degens et Ittekkot, 1985) et le rôle majeur joué par le paramètre carbone organique dans le milieu aqueux, en particulier dans le transport et la réactivité biochimique de nombreux éléments traces (Weber, 1988; Morel et al., 1991) nous a conduit à étudier les variations spatiales et temporelles et le flux de carbone sur le fleuve Congo-Zaïre et ses principaux affluents. Nous présentons ici les premiers résultats de cette étude, réalisée dans le cadre du programme PEGI-GBF.

SITE D'ETUDE ET METHODOLOGIE

Site d'étude

Le fleuve Congo draine un bassin versant de 3,7 10⁶ km² dont la partie centrale seulement (48%) est couvert par la forêt tropicale humide et le pourtour du bassin par différents types de savane. Afin d'étudier l'influence des deux grands types de couvert végétal, un suivi saisonnier des concentrations de carbone organique a été réalisé sur 3 observatoires (Fig. 1).

- l'observatoire "savane (sensu lato)" situé à Bangui (R.C.A.) sur l'Oubangui draine un bassin versant de 480 000 km² couvert en majeure partie par une végétation de type savane arborée.

- l'observatoire "forêt tropicale humide" situé à Moloundou (Cameroun) sur le cours supérieur de la Sangha, un des principaux affluents en rive droite du Congo, et qui porte le nom de Dja-Ngoko. Ce cours d'eau draine un bassin de 67 000 km² couvert à 95% par la forêt de type sempervirente (Sigha-Nkamdjou et al, 1993).

- l'observatoire "exutoire du bassin" situé à Brazzaville sur le Congo qui contrôle la quasi totalité des apports des affluents drainant les zones de savanes et celles de forêts.

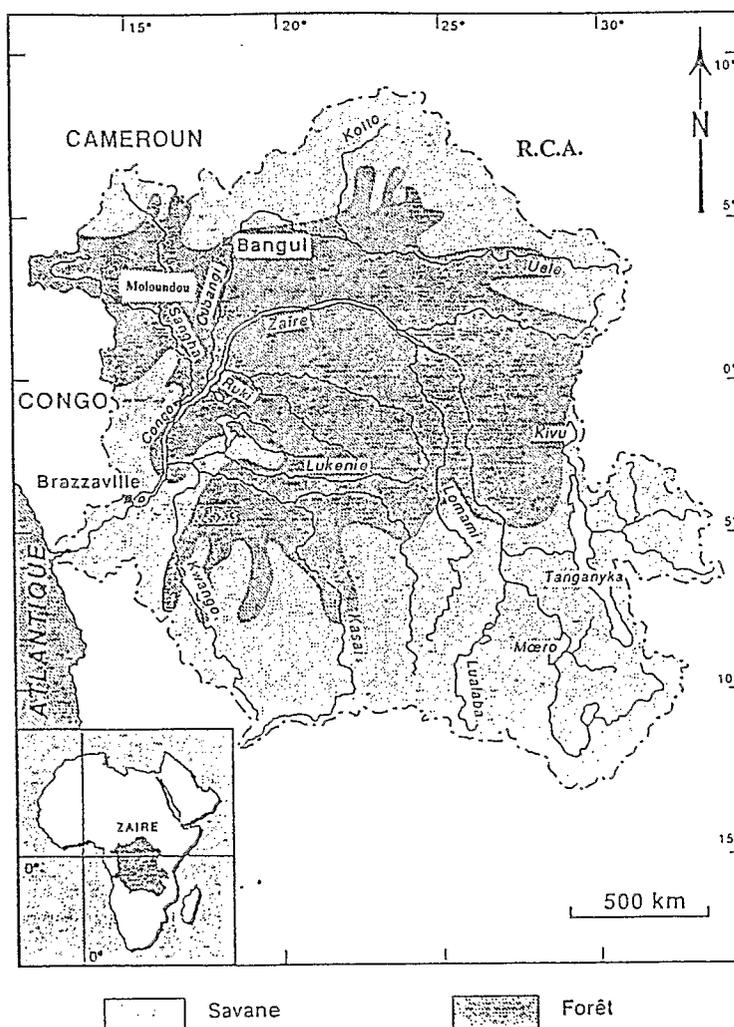


Figure. 1

Carte de végétation du bassin du Congo et situation des observatoires.

Sur ces 3 observatoires, des prélèvements d'eau ont été effectués mensuellement, de novembre 1990 à juin 1993 sur les sites de Bangui et Brazzaville, de janvier à décembre 1991 sur celui de Moloundou. Une campagne de mesure a également été réalisée en période de hautes eaux (novembre-décembre 1992) entre Bangui et Brazzaville et a permis d'effectuer un échantillonnage des principaux affluents du Congo.

Caractéristiques hydrologiques des bassins versants aux sites d'observations

Les principales caractéristiques hydrologiques des bassins versants sont résumés dans le tableau 1.

Le régime hydrologique de l'Oubangui à Bangui est tropical, avec une saison de hautes eaux de juin à décembre correspondant à la saison des pluies et des basses eaux de janvier à mai. Le rapport des débits maxima (en novembre) et minima (mars) en 1991 est de 18. Comme la plupart des fleuves d'Afrique (Olivry et al., 1993), le module interannuel de l'Oubangui calculé sur 40 ans (1951-1990) est largement supérieur au débit moyen de l'année 1992. Cet état de fait, dû à l'importance de la période sèche actuelle en Afrique, pose le problème de la représentativité de nos mesures de flux extrapolées à de longues périodes.

Tableau.1
Caractéristiques hydrologiques des bassins versants aux observatoires.

Fleuve	Débit moyen	D. mens. max.	D. mens. min.	D. moyen interannuel		Lame précipitée	Lame écoulée	Coef. d'écoul.
	1992	1992	1992	1951-1990				
	m3.s-1			l.s-1.km-2		mm		%
Oubangui	3030	7650	441	3750	7.8	1539	248	16
Ngoko*	756	1400	177	757	11.3	1470	360	24
Congo	34100	53200	26400	42 000	12	1467	381	26

*année hydrologique: 1991-1992

Le régime hydrologique de la Ngoko est de type pluvial, caractérisé par une période de hautes eaux d'août en novembre correspondant à la grande saison des pluies, puis une période de décrue jusqu'au minimum en mars. La petite saison des pluies est la cause d'un maximum secondaire qui a lieu en mai ou juin. Ce type de régime est caractéristique des rivières de la zone équatoriale.

Le régime du Congo est le résultat de la superposition des régimes de ses affluents d'origine australe et boréale. Au niveau de Brazzaville, on note:

- une période de basses eaux de juin à septembre correspondant aux basses eaux du régime équatorial et à la décrue du régime tropical austral.
- une période de très haute eaux, d'octobre à janvier, correspondant grossièrement aux apports de l'Oubangui;
- une seconde période de basses eaux en février-mars, moins accusée que celle d'août, due aux basses eaux de l'hémisphère nord;
- une seconde période maximum en avril-mai, moins importante que celle de décembre, due aux hautes eaux de la partie boréale du bassin (Kasaï et Haut-Zaïre).

Méthodologie

En chaque point, les échantillons d'eau ont été prélevés dans des récipients en verre, le plus souvent à la main à partir d'une embarcation situé au milieu du cours d'eau.

Le carbone étant l'élément le plus représentatif de la matière organique (MO), nous avons étudié ce paramètre en adoptant la convention méthodologique classique (Strickland et Parsons, 1972), qui considère comme particulaire (COP) la fraction organique retenue sur un filtre de porosité 0,45 µm et comme dissous (COD) celle passant à travers les pores. Pour ce faire, les échantillons d'eau sont filtrés sur des filtres en fibre de verre WHATMAN GFF préalablement décarbonés (brulés à 500°C). La fraction dissoute est empoisonnée avec HgCl₂ et conservée au frais dans des tubes en verre scellés.

Les analyses de COD et de COP sont réalisées par combustion à haute température dans un four après décarbonation: un analyseur Leco CS 125 est utilisé pour la détermination du COP (Cauwet 1975) et un Shimadzu TOC 500 pour celle du COD (Cauwet 1984, Cauwet et al, 1990). La précision de la mesure est toujours inférieure à 5%.

RESULTATS-DISCUSSION

Evolution saisonnière des concentrations et origine du carbone

La matière organique des fleuves résulte d'une part de la présence d'organismes vivant dans la rivière (composante autochtone: phytoplancton, bactéries, ...) et d'autre part de la fraction organique issue des bassins versants (composante allochtone: matériel végétal plus ou moins dégradé, matière humique,...). Comme la matière organique autochtone est généralement plus labile que l'autre, il est important de pouvoir estimer la part de ces deux composantes dans les eaux. Le tableau 2 rassemble l'ensemble des résultats de carbone dissous et particulaire, des turbidité et des débits liquides aux trois stations étudiées.

Tableau. 2
Concentrations de carbone organique dissous, carbone organique particulaire, matières en suspension et débits correspondants aux observatoires.

Echantillons	COP (ug/l)	COD (mg/l)	MES (mg/l)	Débits
Bassin versant du CONGO à Brazzaville				
BAD 30/06/90	3355		50.8	28900
CNG 15/12/89	1020		8.5	50800
CNG 19/06/90	2765		46.5	31000
CNG 19/06/90	3530		57.3	31000
CNG 19/12/90	2970	13.10	43.8	51300
CNG 19/12/91	1800	14.40	27.8	51000
CNG 20/01/92	990	9.40	16.2	38100
CNG 26/02/92	1935	7.10	37.6	29400
CNG 26/03/92	1315	7.70	19.4	25300
CNG 20/05/92	2500	7.20	50.6	30600
CNG 15/07/92	900	8.20	13.0	25800
CNG 13/08/92	1335	9.70	21.0	27500
CNG 17/09/92	1780	12.60	27.4	31600
CNG 16/10/92	860	17.60	12.0	37800
Bassin versant de FOUBANGUI à Bangui				
11/04/1991	1045	2.90	3.2	586
15/05/1991	980	3.55	5.0	994
17/07/1991	3175	6.10	24.1	3300
22/08/1991	2015	7.95	19.1	5110
22/08/1991	2125	7.45	29.6	5110
18/09/1991	2105	7.60	25.7	6270
18/09/1991	1355	9.20	24.8	6270
24/10/1991	1545	5.05	21.3	6280
24/10/1991	1645	4.70	29.8	6280
20/11/1991	1290	5.30	21.6	5440
28/11/1991	1170	5.30	21.2	4720
13/12/1991	1365	4.00	20.0	3450
17/01/1992	625	2.15	11.4	1220
14/02/1992	590	1.85	3.0	703
14/03/1992	430	2.15	6.6	425
20/04/1992	1085	2.25	8.8	399
21/05/1992	845	1.80	10.0	646
18/06/1992	1600	1.60	13.8	1490
09/07/1992	1815	1.80	34.4	2180
18/08/1992	1630	6.70	35.4	4720
18/09/1992	1950	5.90	38.4	7090
27/10/1992	1425	5.65	30.6	8690
19/11/1992	1200	4.90	21.2	6890
18/12/1992	3440	2.85	32.6	2490
28/01/1993	425	2.25	3.0	1070
12/02/1993	385	2.95	1.6	772
19/03/1993	485	2.85	2.6	488
Bassin versant du DJA-NGOKO				
SOTREF 01/02/91	1680	4.25	23.6	249
SOTREF 08/06/91	2490		38.3	844
SOTREF 20/07/91	3385	5.35	53.3	362
SOTREF 28/08/91	1295	7.15	19.6	548
SOTREF 30/09/91	1140	17.35	20.7	774
SOTREF 08/10/91	3485	7.95	60.7	765
SOTREF 08/11/91	2115	10.85	30.4	837
SOTREF 15/11/91	2250	7.35	31.1	805
MOLOUMDOU	1485	3.75	21.6	386
MOLOUMDOU	1060		11.7	267
MOLOUMDOU	1180		12.7	267
MOLOUMDOU	3325	19.70	52.4	1280
MOLOUMDOU	690	19.00	15.7	554
MOLOUMDOU	1060	7.25		919
MOLOUMDOU	1045		15.0	1230
MOLOUMDOU	4120	6.15	86.0	1240
MOLOUMDOU	2190	7.85	32.0	1300
MOLOUMDOU	2505	6.10	32.6	1260
BIWALA 17/03/91	1115		9.7	45.1
BIWALA 06/06/91	2935	10.00	43.5	136
BIWALA 17/07/91	5600	5.90	82.5	89.6
BIWALA 26/08/91	3330	7.00	51.3	183
BIWALA 27/09/91	1795	6.80	23.7	297
BIWALA 17/11/91	2445	10.60	21.5	229
BAC 01/02/91	1635	3.40	26.3	143
BAC 08/06/91	2220	18.20	36.0	494
BAC 20/07/91	2940	23.65	45.0	220
BAC 29/08/91	4065	7.75	68.4	351
BAC 30/09/91	2070	9.25	30.7	478
BAC 08/11/91	1810	5.60	24.2	598
BAC 14/11/91	2090	8.30	27.1	590

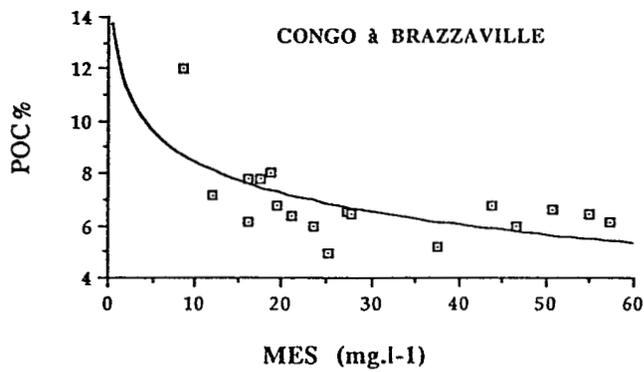
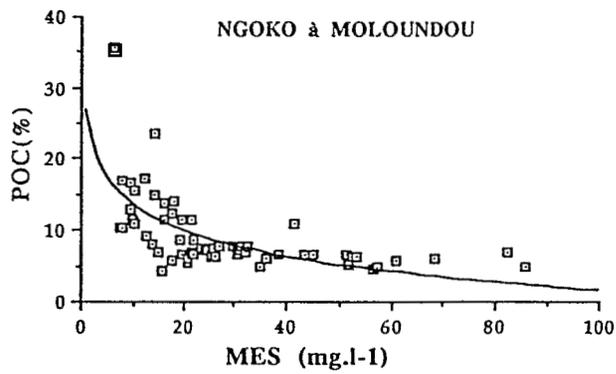
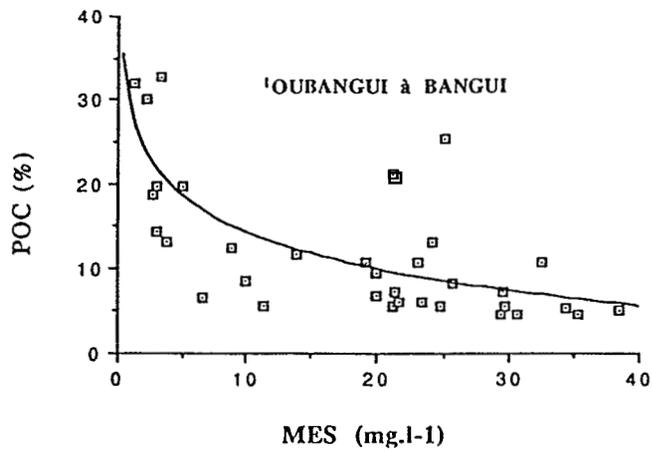


Figure. 2

Variation de la concentration de POC en fonction de la concentration en MES sur l'Oubangui à Bangui, la Ngoko à Moloundou et le Congo à Brazzaville.

Evolution du carbone organique particulaire

Comme dans de nombreux fleuves les teneurs en COP (en % de la charge solide) de l'Oubangui, de la Ngoko et du Congo diminuent lorsque les concentrations en matières en suspensions augmentent (Cf. Degens et al, 1991). Cette évolution est visible aussi bien pour la zone forestière que pour la zone de savane.(Fig. 2).

A la station de Bangui, l'étude, au cours de 2 cycles hydrologiques, des variations des concentrations en MES et en COP (toujours exprimé en % de la charge solide) confirme cette tendance (Fig. 3): les concentrations particulières augmentent très fortement (de 6 à 10 fois) au cours des mois de juin et juillet qui correspondent au début de la saison des pluies, alors que les teneurs en COP diminuent corrélativement, pour atteindre environ 5%.

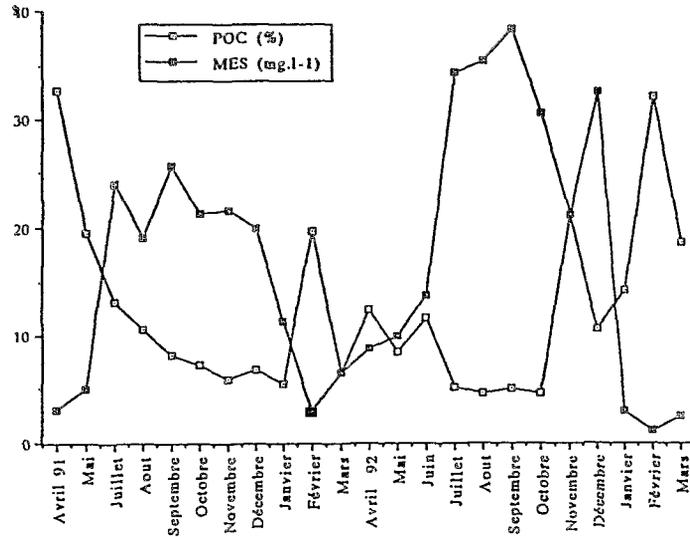


Figure. 3

Variation saisonnière des concentrations en POC et en MES sur l'Oubangui à Bangui, au cours des cycles hydrologiques 1991-92 et 1992-1993.

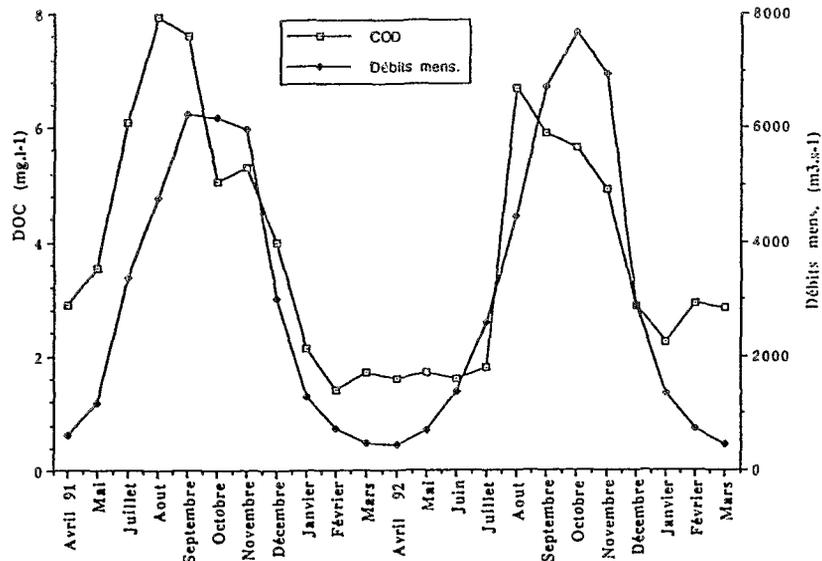


Figure. 4

Variation saisonnière des concentrations en DOC et des débits liquides sur l'Oubangui à Bangui, au cours des cycles hydrologiques 1991-92 et 1992-1993.

A cette époque, les particules issues des sols arrivent en abondance avec une matrice organique plus ou moins réfractaire, et la brusque montée de la turbidité limite ou stoppe la production primaire de la rivière. Pendant cette période, le COP est donc majoritairement d'origine allochtone. Inversement, au cours de la période de basses eaux, la transparence des eaux favorise la croissance des populations phytoplanctoniques, lesquelles constituent vraisemblablement l'essentiel de la charge en COP. Ainsi, les fortes teneurs mesurées en février 92 et 93 correspondent elles sans doute à des blooms planctoniques.

Pouvoir chiffrer exactement la part des deux fractions organiques nécessiterait des données complémentaires: concentration en pigments chlorophylliens, mesures de la productivité primaire ou des activités des systèmes transporteurs d'électrons (Relexans et Etcheber, 1982; Dessery et al., 1984; Relexans et Etcheber, 1986), mais la simple connaissance des teneurs moyennes en C.O. des sols environnants peut parfois aider à résoudre ce problème (Etcheber et al., en préparation).

Dans le cas de la station de Bangui, si l'on admet que les particules issues des bassins versants, amenées par les hautes eaux, contiennent 5% de COP (valeur systématiquement retrouvée dans ces conditions hydrologiques), on peut penser qu'à toutes les autres saisons, l'enrichissement en matière organique des particules des fleuves est dû à la production primaire autochtone. Toutefois, il est peu probable que les processus de photosynthèse soient totalement arrêtés lors des phases de crue, la charge turbide n'exédant pas 40 mg.l-1. L'évaluation des teneurs en COP à 5% en moyenne pour les sols du bassin versant de l'Oubangui est donc une limite supérieure, sans doute surévaluée. Une série de mesures de concentrations en carbone organique des sols de ce bassin versant et des teneurs en chlorophylle des MES, en période de crues, permettront de quantifier la part de carbone organique issue effectivement de ces sols.

Tout à fait logiquement, c'est en période de hautes eaux que la charge organique particulaire (dans ce cas, exprimé en mg.l-1) est la plus forte: même si, lors des forts débits, les particules sont deux à trois fois moins riches en carbone organique que lors des étiages, le fait que la turbidité augmente très fortement (6 à 10 fois) provoque ce phénomène. Comme la part de matière organique d'origine allochtone est très vraisemblablement fortement majoritaire en ces périodes de forts débits, on peut penser qu'une proportion très importante de COP allochtone transite annuellement dans le fleuve.

Evolution du carbone organique dissous

Comme pour le COP, la station "savane" servira d'exemple pour décrire les variations saisonnières du COD (Fig.4). Les maxima sont observés au cours du mois d'Août, pendant la montée des eaux, les minima correspondent à la période d'étiage. Un "décalage" d'un à deux mois entre les concentrations maximum et les plus forts débits est mis en évidence. L'origine préférentiellement allochtone des apports organiques dissous en hautes eaux est vraisemblable: au niveau des sols du bassin versant, l'horizon humique de surface est le siège de processus de décomposition microbienne des composés organiques de hauts poids moléculaires en composés plus légers. Les premières pluies, responsables de la composante ruissellement superficiel de l'hydrogramme, entraînent par lessivage cette fraction organique dissoute. Toutefois, il peut être envisagé une arrivée de matière organique dissoute provenant d'une mortalité élevée du phytoplancton, entraînée par la croissance rapide de la turbidité.

Variation spatiale des concentrations: Influence du type de couvert végétal

Le tableau 3 regroupe les valeurs moyennes, maximales, minimales et l'écart type des concentrations mesurées aux 3 stations.

Tableau. 3

Moyennes, écart-types, maxima et minima des concentrations aux observatoires.

Observatoire	Fleuve	Végétation	Carbone organique particulaire				Carbone organique dissous				
			Moy.	Max.	Min	Ecart-type	Moy.	Max.	Min	Ecart-type	
			%	%	%	%	mg.l-1	mg.l-1			
Bangui	Oubangui	savane	8.35	19.70	4.60	4.50	1.40	3.30	6.70	1.60	1.90
Ngoko	Moloundou	forêt	6.90	9.30	4.40	1.70	1.85	10.00	19.70	3.75	6.55
Brazzaville	Congo	mixte	6.25	7.15	4.95	0.75	1.50	10.45	17.60	7.10	3.65

Variation spatiale du COP

En proportion pondérale, la moyenne des concentrations de COP pour l'année 1992 à Brazzaville est de 6,25%. Les valeurs précédemment publiées pour le Congo et obtenues en général sur un échantillonnage réduit sont remarquablement proches de notre moyenne (6%, Cadet, 1984; 7,1%, Kinga Mouzeo, 1986).

Sur l'observatoire savane à Bangui, la moyenne obtenue en % est, de façon surprenante, supérieure à celle de l'observatoire forêt sur la Ngoko (8,85% contre 6,25%), alors qu'elle est moindre exprimée en mg.l-1 (1,40 et 1,85). Cette apparente contradiction est en fait due à la charge en suspension différente des deux rivières, celle de l'Oubangui étant plus faible en moyenne annuelle que celle de la Ngoko (Sigha Nkamdjou, 1993 et Fig. 5). Comparées aux rivières de la zone tropicale sèche, les concentrations de COP (%) mesurées sur l'Oubangui sont supérieures à celles du Sénégal (1,2%, Orange, 1990) et de la Gambie (Lesack et al, 1984). Ces rivières drainent des bassins versants où la pratique culturale des brûlis a pour effet, en détruisant la végétation herbacée, de ne laisser dans les sols que les composés organiques les plus résistants (Barreau, 1992).

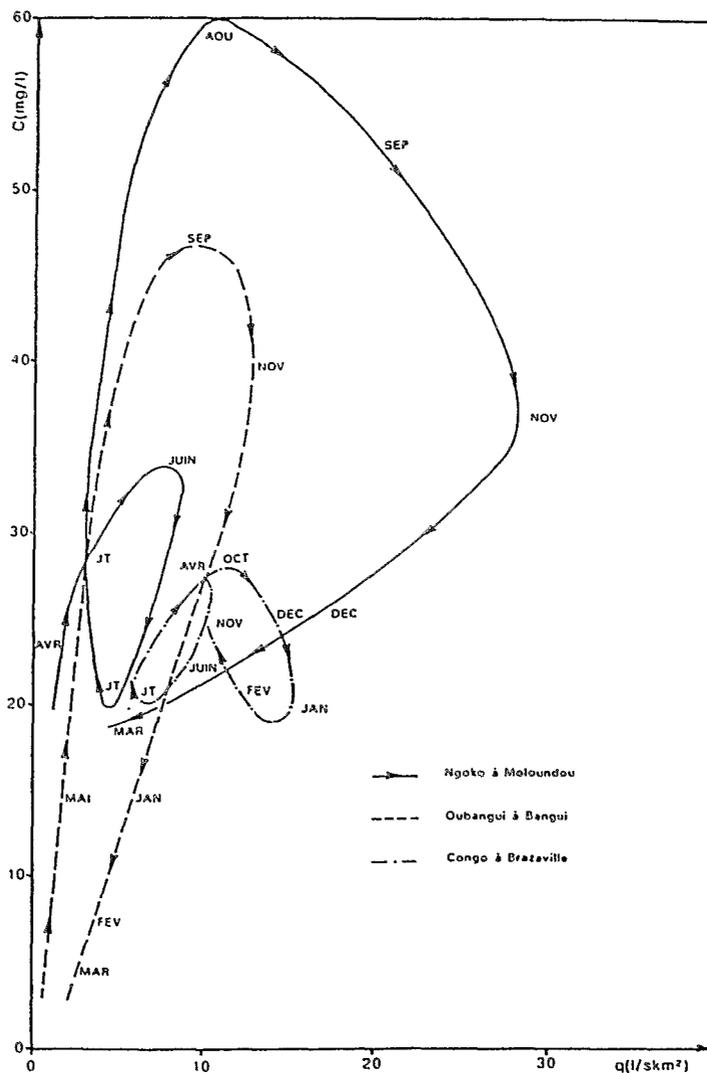


Figure 5
Comparaison des cycles saisonniers de MES sur l'Oubangui à Bangui, la Ngoko à Moloundou et le Congo à Brazzaville.

Variation spatiale du COD

Les teneurs moyennes en COD varient régionalement entre 3,30 mg.l-1 et 10,45 mg.l-1. Le paramètre COD semble fortement dépendant du type de couvert forestier. La concentration annuelle moyenne de la Ngoko représente 3 fois celle de l'Oubangui. Ce facteur reflète presque exactement la différence de production végétale brute (en poids de carbone) des deux écosystèmes: 140 T.ha-1.an-1 pour le système forestier et 32 T.ha-1.an-1 pour le système de savane (Unesco, 1979). La relation entre la concentration moyenne de COD et le couvert forestier a déjà été observée en Amazonie bolivienne (Guyot, 1993). Elle confirme l'origine fortement "détritique" du COD dans le bassin versant du Congo, comme dans le bassin versant amazonien (Richey et al, 1990).

Bilan du carbone organique dans le bassin du Congo

A partir de la moyenne annuelle établie pour chacun des observatoires et des mesures réalisées plus ponctuellement sur les autres affluents du Congo, le bilan de transfert du COP et du COD sur l'ensemble du bassin a pu être calculé (Tab. 4). Les affluents dits "RD Bas Congo" sont les rivières Djiri, Léfini, Nkéné, Alima, situées sur la rive droite, immédiatement en amont de Brazzaville, et qui drainent les plateaux gréseux batékés. Les débits, mesurés (Oubangui, Sangha, Congo, RD Bas Congo) ou estimés (Kasai et Zaïre supérieur) sont ceux des affluents à leur confluence.

Tableau. 4
Concentrations et flux de carbone dissous, particulaire et total dans le Congo et ses principaux affluents.

	Type végétation	COP	COD	Nb. éch.	COT
		mg.l-1	mg.l-1		mg.l-1
OUBANGUI	savane	1,40	3,3	12,0	4,7
NGOKO**	forêt	1,90	9,9	12,0	11,8
CONGO	mixte	1,50	10,4	12,0	11,9
KASAI*	forêt	2,40	18,9	2,0	21,3
ZAIRE SUP	forêt	2,00	18,1	5,0	20,1
SANGHA-LIKOUALA	forêt	2,20	23,3	2,0	25,5
RD BAS CONGO	savane	1,20	3,5	4,0	4,7

* La moyenne des concentrations de la Ruki est considérée comme représentative de celles du Kasai

** La Ngoko est le nom du cours amont de la Sangha

	Débit annuel ^Y	surface	Flux de COP	Flux de COD	Flux de COT	FluxCOD/fluxCOT	taux de production
	m ³ .s-1	km ²	10 ⁶ T.an-1			%	g.m-2.an-1
OUBANGUI	4 000	640 000	0,2	0,4	0,6	71	0,9
NGOKO**	756	60 000	0,0	0,2	0,3	84	4,6
CONGO	34 100	3 500 000	1,6	11,4	13,0	88	3,6
KASAI*	8 500	900 000	0,7	5,1	5,8	89	6,3
ZAIRE SUP	16 960	1 660 000	1,1	9,8	10,9	90	6,4
SANGHA-LIKOUALA	2 200	230 000	0,2	1,6	1,8	91	7,6
RD BAS CONGO	2 400	70 000	0,1	0,3	0,4	75	5,0

^Y Débits à la confluence

Quel que soit le type d'observatoire, la plus grande partie du flux de carbone est sous forme dissoute (Fig. 6). Il existe néanmoins une différence significative dans le transport du carbone entre bassins sous forêt et bassins de savane. Le rapport "flux dissous/flux total" en % est de 0,70 sur l'Oubangui alors qu'il est toujours supérieur à 0,84 sur les affluents forestiers.

Cette différenciation savane-forêt se renforce, si l'on ramène les flux organiques à des unités de surface: on obtient alors environ 1 g.m-2.an-1 en zone de savane et de 4 et 8 g.m-2.an-1 en zone de forêt. A titre de comparaison, des taux de production allant de 3 et 6 g.m-2.an-1 ont été

observés dans les rivières de la zone des "llanos" de la plaine amazonienne (Guyot, 1993). Le cas des rivières batékés est atypique des zones de savane, en raison de débits spécifiques supérieurs à 30 l.km².an⁻¹.

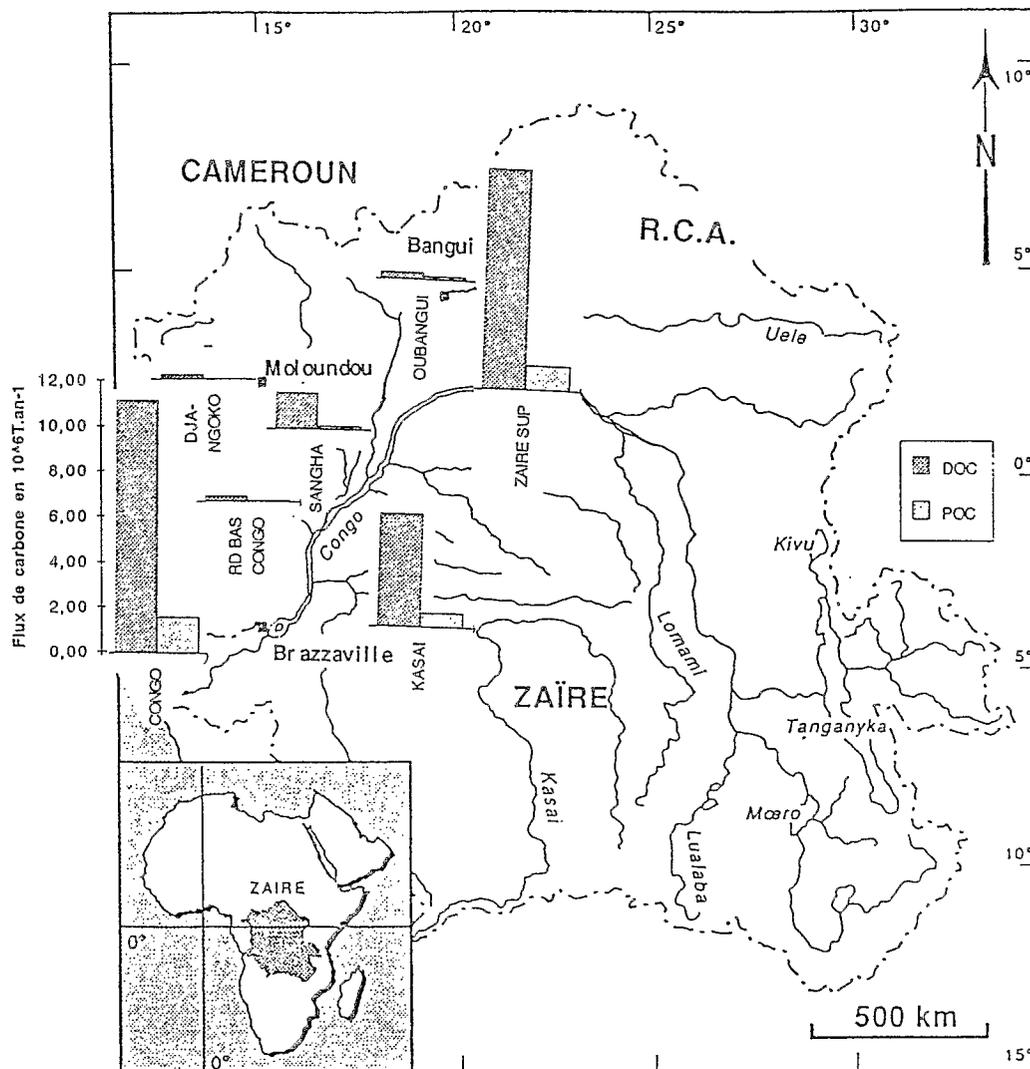


Figure. 6

Flux de carbone dissous et particulaire dans le bassin du Congo (flux en 10⁶ T.an⁻¹).

Pour l'année 1992, à la station de Brazzaville qui contrôle la presque totalité des apports à l'océan Atlantique, le flux de carbone calculé est de 1,60 10⁶ T sous forme particulaire et de 11,40 10⁶ T sous forme dissoute. Le flux de COD représente 87% du flux total. Ces valeurs sont très proches de celles données par Probst et al, (1993): 1,2 10⁶ T an⁻¹ de COP et 9,6 10⁶ T.an⁻¹ de COD. Sur les 13 10⁶ T.an⁻¹ transitant à l'exutoire, environ 15 % seulement viennent des zones de savane (considérant que le flux du bassin de l'Oubangui est représentatif de l'ensemble de la zone de savane du bassin du Congo, tant pour le drainage que pour le couvert végétal) alors qu'elles couvrent plus de la moitié du bassin.

CONCLUSION

L'étude de la dynamique du carbone organique sur deux sous bassins du Congo a mis en évidence une relation forte entre les concentrations (et donc les flux) de carbone organique avec le

type de végétation. Sur l'Oubangui, qui draine un bassin majoritairement couvert de savane, la moyenne annuelle de COD est 3 fois plus faible que sur le bassin de la Ngoko, essentiellement forestier. Cette différence est nettement plus atténuée si l'on compare la moyenne annuelle de COP.

Sous ses formes dissoute et particulaire, le carbone organique viendrait essentiellement des bassins versants en période de crue. En période de basses eaux, les fluctuations de COP sont liées à la production primaire du fleuve.

Dans les fleuves du domaine tropical humide, et quel que soit le type de couvert végétal, le carbone est transporté essentiellement sous forme dissoute. Cette forme représente 70 à 90% du flux total. Pour l'année 1992, année correspondant à une hydraulité moyenne, l'apport du fleuve Congo à l'Atlantique est évalué à 13 106 T.

REMERCIEMENTS:

Ce travail a été réalisé grâce au soutien du programme PEGI- Grands Bassins Fluviaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Barreau, C., 1992. Etude de la matière organique associée aux suspensions fluviales: application à des fleuves de climats tempéré et intertropical. Thèse de doctorat de l'Univ. Paris 6. 163 pp.
- Cadet, G.C., 1984. Particulate and dissolved organic carbon and chlorophyll-a in the Zaïre river, estuary and plume. *Neth. J. Sea. Res.*, 17, (2/4), 429-432.
- Cauwet, G., 1975. Optimisation d'une technique de dosage du carbone organique des sédiments. *Chemical Geology*, 16, 59-63.
- Cauwet, G., 1984. Automatic determination of dissolved organic carbon in seawater in the sub-ppm range. *Marine Chemistry*, 14, 297-306.
- Cauwet, G., Sempere, R. et Saliot, A., 1990. Le carbone organique dissous dans l'eau de mer/ confirmation de la sous estimation antérieure. *C.R. Acad. Sci.*, 311, Série II, 1061-1066.
- Degens, E.T., 1982. Riverine carbon: an overview. *Mitt. Geol. Palaönt. Inst. Univ. Hambourg*, Scope/Unep Sonderband, 52:1-12.
- Degens, E. T. et Ittekkot, V., 1985. Particulate organic carbon: an overview. *Mitt. Geol. Palaönt. Inst. Univ. Hambourg*, Scope/Unep Sonderband, 58: 7-27.
- Degens, E. T., Kempe, S. et Richey, J.E. (Eds.), 1991. *Biogeochemistry of Major World Rivers*, John Wiley and Sons, N-Y., 356pp.
- Dessery, S., Dulac, C., Laurenceau, J. M. et Meybeck, M., 1984. Evolution du carbone organique particulaire algal et détritique dans trois rivières du bassin parisien. *Archives d'Hydrobiologie*, 100, 235-260.
- Etcheber, H., Lin, R. G., Relexans, J.C. et Probst, J.L. (en préparation). Fluxes of suspended matter and organic carbon in the Garonne basin: Effects of dryness.
- Guyot, J.L., 1993. *Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie Bolivienne*. Ed. Orstom, Coll. Etudes et Thèses, Paris, 261pp.
- Kinga Mouzeo, 1986. Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents; enregistrement quaternaire dans l'éventail détritique profond (sédimentologie, minéralogie et géochimie). Thèse Doct. Univ. Perpignan, 262 pp.
- Lesack, L. F. W., Hecky, R.E. et Melack, J. M., 1984. transport of carbon, nitrogen, phosphorus and major solutes in Gambia river, West Africa. *Limnol. Oceanogr.* 29, 816-830.
- Meybeck, M. 1993. Riverine transport of atmospheric carbon:sources, global typology and budget. *Water, Air and Soil Pollution*, 70:443-463.
- Morel, F., Dzonbak, T. et Price, N., 1991. Heterogenous reactions in coastal waters, In "Ocean margin processes in global change", Mantoura F., Martin J. M., Wollast, R.(Eds.) John Wiley and Sons, N-Y., 165-180.

- Olivry, J-C., Mahe, G. et Bricquet, J-P., 1993. Vers un appauvrissement des ressources en eau de l'Afrique de l'ouest. In "Compte rendu des journées PEGI-GBF", Paris, Dec. 1993.
- Orange, D., 1990. Hydroclimatologie du Fouta-Djalou et dynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique. Thèse Doctorat Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 220 pp.
- Probst, J. C., Mortatti, S. et Tardy, Y., 1993. Carbon river fluxes and weathering CO₂ consumption in the Congo and Amazon river basins. *Applied Geochemistry*, vol. 7., à paraître.
- Relexans, J.C. et Etcheber, H. 1982. Cycles saisonniers de la matière organique à la limite amont de l'estuaire de la Gironde. *C.R. Acad. Sci.*, 294, D 861-864.
- Relexans, J.C. et Etcheber, H., 1986. Characterization of the particulate organic matter in the Loire estuary (France) using ETS activity measurements. *Organic Chemistry*, 10, 135-142.
- Richey, J. E., Hedges, J.I., Devol, A. H., Quay, P. D., Victoria, R., Martinelli, L. et Forsberg, B.R., 1990. Biogeochemistry of carbon in the Amazon river. *Limnol. Oceanogr.* 35; 352-371.
- Sigha Nkamdjou, L., 1993. Caractérisation et fonctionnement hydrochimique d'un bassin versant en milieu forestier équatorial humide: L'exemple de la Ngoko à Moloundou (Sud-est du Cameroun.). Thèse Doct. Univ. Paris-Orsay, 300 pp.
- Sigha-Nkamdjou, L., Carre P. et Seyler P., 1993. Bilans hydrologiques et géochimiques d'un écosystème forestier équatorial de l'Afrique centrale: La Ngoko à Moloundou. In "Compte rendu des journées PEGI-GBF", Paris, Dec. 1993.
- Stein, N. 1981. Is the large-scale destruction of tropical rainforests necessarily crucial for the global carbon cycle? In: Fazzolare S.A. and Smith C.B. (Eds). *Beyond the energy crisis, opportunity and challenge*, vol IV, Pergamon Press.
- Strickland, G. D. H. et Parsons, T. R., 1972. Determination of particulate carbon. In "A practical handbook of seawater analysis", Fish. Res. Bd. Can., Ottawa, Canada, 207-211.
- Unesco, 1979. Ecosystèmes forestiers tropicaux. Recherches sur les ressources naturelles, XIV, Paris, 740pp.
- Weber, G. H., 1988. Binding and transport of metals by humic materials in "Humic substances and their role in the environment", Srimmel, R. H. et Christman R.S. (Eds.) John Wiley and Sons, N-Y., 165-178.